



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>7</sup> : H02K 41/03, E05F 15/18	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 00/67364 (43) Date de publication internationale: 9 novembre 2000 (09.11.00)
---	----	---

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/IB00/00546  
(22) Date de dépôt international: 28 avril 2000 (28.04.00)

(30) Données relatives à la priorité:  
99/05470 29 avril 1999 (29.04.99) FR

(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): METABOLE  
DEVELOPPEMENT ET CONSEIL [FR/FR]; 8, avenue de  
Margencel, F-74300 Cluses (FR).

(72) Inventeur; et  
(75) Inventeur/Déposant (US seulement): GREHANT, Bernard  
[FR/FR]; Hammeau de Romme, F-74300 Nancy-sur-Cluses  
(FR).

(74) Mandataire: MEYLAN, Robert, M.; Bugnion S.A., Case  
postale 375, CH-1211 Genève 12 (CH).

(81) Etats désignés: JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY,  
DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,  
SE).

Publiée  
Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: FLUX SWITCHING LINEAR MOTOR

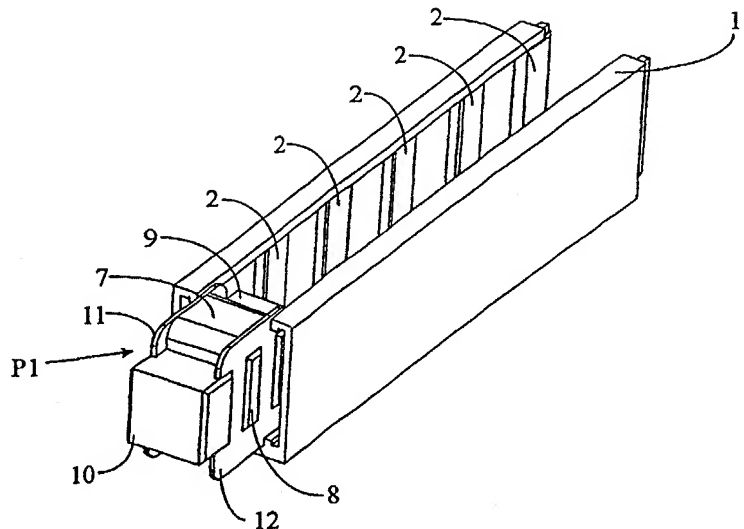
(54) Titre: MOTEUR LINEAIRE A COMMUTATION DE FLUX

(57) Abstract

The invention concerns a flux switching linear motor with at least two phases (P1, P2, P3) consisting of a mobile assembly comprising at least two induction coils (7) provided with a core (8) and two permanent magnets (9, 10) magnetised along an axis parallel to the coil axis. Said mobile assembly moves within a stator consisting of magnetic components (2) preferably fixed in pairs in a guide tube (1) made of non-magnetic material, on either side of said tube axis. Such a structure enables to increase the magnetic efficiency of the stator, to eliminate the torque load on the mobile assembly, reduce magnetic leakage and produce curves by bending the stator guide tube.

(57) Abrégé

Moteur linéaire à au moins deux phases (P1, P2, P3) à commutation de flux constitué d'un équipement mobile comprenant au moins deux bobines d'induction (7) munies d'un noyau (8) et de deux aimants permanents (9, 10) aimantés selon un axe parallèle à l'axe de la bobine. Cet équipement mobile se déplace dans un stator constitué de pièces magnétiques (2) fixées de préférence par paires dans un tube de guidage (1) en matériau amagnétique, de part et d'autre de l'axe de ce tube. Cette structure permet d'augmenter l'efficacité magnétique du stator, de supprimer le couple de torsion sur l'équipage mobile, de réduire les fuites magnétiques et de réaliser des courbes par cintrage du tube statorique de guidage.



# UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KP	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire		République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

## MOTEUR LINEAIRE A COMMUTATION DE FLUX

L'invention concerne un moteur linéaire à au moins deux phases et commutation de flux constitué d'un équipement mobile comprenant au moins deux bobines d'induction entourant chacune un induit magnétique définissant des pôles magnétiques mobiles et deux aimants permanents aimantés en sens opposé, d'un tube statorique de guidage présentant des pôles magnétiques disposés le long du tube statorique sur au moins une paroi du tube statorique de manière à venir successivement en face des pôles magnétiques mobiles lors du déplacement de l'équipage mobile, et de moyens de commutation du sens du courant dans les bobines.

La plupart des moteurs linéaires connus sont constitués d'un équipement mobile comportant plusieurs bobines se déplaçant en face d'une ou deux rangées d'aimants permanents portées par un rail. Un tel moteur est décrit par exemple dans la demande de brevet EP 0 161 677. Dans ce moteur, les aimants sont disposés, avec des pôles alternés, tout le long d'une des faces intérieures d'un profilé amagnétique, par exemple en aluminium, la succession des aimants définissant un pas de structure périodique. Dans sa forme la plus simple, l'équipage mobile est constitué de deux bobines munies de frotteurs pour leur alimentation en courant continu commuté par deux pistes disposées sur la face intérieure opposée du profilé. Les bobines sont décalées d'un quart de pas et alimentées en quadrature de phases. Selon un autre mode d'exécution, l'équipage mobile est constitué de trois bobines décalées d'un tiers de pas et alimentées par des courants déphasés de  $120^\circ$ .

Un autre exemple de réalisation est décrite dans la demande de brevet GB 2 233 835. Dans cette réalisation, l'équipage mobile, constitué de trois bobines, chevauche les aimants fixes disposés dans le plan de symétrie d'un profilé en U.

Ces structures nécessitent donc des aimants sur toute la longueur du parcours de l'équipage mobile, alors que seuls quelques uns d'entre eux sont actifs à un instant donné. Si l'on utilise des aimants permanents à haute performance, le coût d'une telle installation est important et devient d'autant plus inacceptable que la longueur de l'installation est importante. L'utilisation de ferrites permettrait de rendre ce coût non rédhibitoire, mais au prix de performances médiocres. De plus, la simple réduction de longueur par sciage du rail linéaire, dans le cas d'une nécessaire adaptation sur site, devient une opération complexe qui nécessite le démontage préalable des aimants et un nettoyage soigneux de l'ensemble du rail après opération. Un autre inconvénient apparaît lorsque le moteur travaille dans un environnement industriel : les particules métalliques que l'on rencontre dans un tel environnement sont attirées par les aimants et viennent perturber le bon fonctionnement du moteur.

Le moteur décrit dans le brevet EP 0 667 991 remédie à ces inconvénients. Le tube de guidage dans lequel se déplace l'équipage mobile ne comporte plus d'aimants, mais il est lui-même en matière ferromagnétique et il est découpé de manière à présenter des pôles

statoriques disposés en deux rangées opposées, les pôles d'une rangée étant décalés linéairement relativement aux pôles de l'autre rangée. Chaque phase de l'équipage mobile comporte un enroulement inducteur entourant un induit constitué de trois pièces polaires entre lesquelles sont disposés deux aimants permanents de polarités opposées aimantés selon la direction de déplacement de l'équipage mobile. Les pôles statoriques et mobiles sont agencés de façon que dans une première de deux positions de conjonction de l'induit, deux premiers pôles mobiles appartenant chacun à l'une respective des pièces polaires coïncident avec deux pôles statoriques appartenant à deux rangées de pôles statoriques différentes, tandis que les deux autres pôles mobiles sont décalés par rapport aux pôles statoriques, alors que dans la deuxième des deux positions de conjonction, les deux autres pôles mobiles coïncident à leur tour avec des pôles statoriques, les deux premiers pôles mobiles étant à leur tour décalés par rapport aux pôles statoriques.

Si un tel moteur présente l'avantage de ne pas comporter d'aimants fixes, la forme tubulaire du stator rend sa fabrication complexe au regard de la précision nécessaire pour réduire la valeur de l'entrefer. Par ailleurs, la liaison mécanique de l'équipage mobile à l'objet entraîné nécessite de fendre le tube statorique sur un des côtés, sur toute sa longueur, ce qui nuit à son efficacité magnétique. De plus, les efforts appliqués aux pièces polaires de l'induit sont dissymétriques, ce qui entraîne un ou plusieurs couples de torsion sur l'équipage mobile. Cet inconvénient

oblige à rigidifier considérablement la structure et/ou à augmenter l'entrefer. On constate en outre que les fuites magnétiques existant entre l'équipage mobile et les côtés non découpés du tube statorique dégradent les performances du moteur. Enfin, le tube statorique s'oppose aux opérations de cintrage que nécessite la réalisation d'actionneurs directs, même dans le cas d'un rayon de courbure élevé.

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients susmentionnés, c'est-à-dire d'augmenter l'efficacité magnétique du stator, de réduire les fuites magnétiques et de permettre de réaliser des courbes par cintrage du tube statorique de guidage.

Le moteur linéaire selon l'invention est caractérisé en ce que les aimants permanents sont disposés à l'extérieur des bobines de l'équipage mobile, et qu'ils sont aimantés selon un axe parallèle à l'axe de la bobine, et en ce que les pôles magnétiques statoriques sont constitués de pièces en matériau magnétique fixées dans un tube de guidage en matériau amagnétique, la dimension des aimants mesurée selon leur axe magnétique étant choisie de manière à créer des entrefers étroits au passage des aimants devant les pôles statoriques.

Les pièces polaires statoriques sont de préférence disposées par paire, de part et d'autre de l'axe du tube de guidage et la dimension des aimants permanents, mesurée selon leur axe magnétique, correspond à la distance séparant deux pièces polaires statoriques

opposées. Cette disposition a pour avantage de supprimer le couple de torsion sur l'équipage mobile.

Selon deux modes d'exécution de l'invention, les aimants de polarité opposés sont disposés symétriquement, soit (variante 1) par rapport à un plan contenant l'axe de la bobine et une perpendiculaire à la direction du tube statorique, soit (variante 2) par rapport à un plan contenant l'axe de la bobine et l'axe du tube statorique.

- ✓ Le tube de guidage peut être constitué d'un profilé en U comme dans le cas des moteurs linéaires à aimants fixes, ce qui permet de relier mécaniquement l'équipage mobile à un objet entraîné sans préjudice de performance. Les efforts sur l'équipage mobile sont parfaitement symétriques de sorte que l'on a pas de couple de torsion. Un guidage léger est par conséquent suffisant pour maintenir l'équipage mobile en position centrale dans le tube de guidage au cours de son mouvement. En outre, rien ne s'oppose à ce que les deux ou trois phases soient articulées soit par une rotule, soit simplement en exploitant la liaison entre les paires d'aimants alternées en contact direct, s'il s'agit de la variante 1. Un léger entrefer entre deux phases créé par un pion central permet une rotation de l'une des phases par rapport à l'autre. Dans ce cas, deux bobines d'induction voisines sont reliées par deux aimants de polarités opposées.

Selon un mode de réalisation simplifiée les pièces polaires statoriques sont disposées sur une seule paroi

du tube statorique de guidage et l'équipage mobile est équipé d'une plaque de court-circuit magnétique du côté opposé aux pièces polaires statoriques. Cette plaque a pour effet de créer une image des pôles statoriques.

Les bobines voisines peuvent partager un aimant commun. Pour un montage triphasé, selon la variante 1 ou selon le mode d'exécution simplifié, les deux aimants communs sont alors polarisés en sens opposés.

Dans tous les cas, la commutation du courant dans les bobines d'induction peut être assurée par une alimentation en courant alternatif ou en courant continu, comme décrit dans l'art antérieur, en particulier dans le brevet EP 0 667 991. La commutation peut être assurée par des pistes conductrices de forme adéquate, comme décrit dans le brevet EP 0 161 677 ou être assurée par un dispositif de commutation monté sur l'équipage mobile, comme décrit dans le brevet EP 0 667 991.

Le dessin annexé représente, à titre d'exemple, quelques modes d'exécution du moteur selon l'invention.

La figure 1 est une vue en perspective d'une section de tube statorique dans laquelle se déplace un équipage mobile dont on a représenté une seule phase, selon la variante 1.

La figure 2 est un éclaté de la figure 1.



La figure 3 est une vue en bout de la figure 1, selon l'axe du tube statorique.

Les figures 4A à 4D illustrent le principe de commutation du flux dans une phase.

La figure 5 représente schématiquement, pour un moteur triphasé dans lequel chaque phase est munie de deux aimants permanents distincts, une séquence dynamique de positions successives décalées de  $1/6$  de pas et la répartition correspondante du flux dans les trois phases.

La figure 6 est une vue représentative analogue pour un moteur triphasé dans lequel les phases ont un aimant permanent en commun.

La figure 7 est une vue de face, dans un plan parallèle à celui des plots statoriques, d'un équipement mobile selon un deuxième mode d'exécution

Les figures 8a à 8e représentent l'équipage mobile de la figure 7 et les plots statoriques, dans cinq positions successives de l'équipage mobile.

La figure 9a représente un mode d'exécution simplifié, avec une disposition des plots statoriques sur une seule face du tube statorique.

La figure 9b illustre l'effet miroir obtenu dans le mode d'exécution selon la figure 9a.

La figure 10 représente un mode de réalisation biphasé, selon la variante 2, vue de face dans un plan parallèle à celui des plots.

Les figures 11a à 11c représentent l'équipage mobile de la figure 10 et les plots statoriques, dans trois positions successives de l'équipage mobile.

La figure 12 représente une variante de la disposition des plots statoriques utilisés en figure 11.

On se réfère aux figures 1 à 3.

Le moteur représenté comprend un tube statorique 1 constitué d'un profilé de guidage amagnétique en U de section rectangulaire, par exemple en aluminium. Il pourrait également être en matériau synthétique, car il ne sert que de support aux pôles statoriques constitués de plaquettes ou de plots rectangulaires 2 en matériau ferromagnétique, par exemple en acier doux. Ces plaquettes 2 sont retenues par engagement serré dans des paires de rainures opposées 3, 4 formées dans le profilé 1 de manière à être fixées contre les faces internes des deux ailes opposées parallèles du profilé en U. Les plaquettes 2 sont positionnées par paire, de telle sorte que les deux plaquettes d'une paire sont situées l'une en face de l'autre, symétriquement par rapport à l'axe du profilé 1. Les paires successives de plaquettes 2 sont équidistantes et espacées l'une de l'autre par une distance définissant le pas du moteur. Dans sa paroi transversale, le tube 1 présente en outre deux rainures supplémentaires 5 et 6 pour le guidage de

l'équipage mobile, comme ceci sera décrit plus loin. Ces rainures 5 et 6 peuvent être revêtues d'un matériau facilitant le glissement de l'équipage mobile.

L'équipage mobile comprend deux ou trois phases, telle que la phase P1 représentée aux figures 1 à 3, chacune de ces phases étant constituée, en principe, d'une bobine 7 dont l'axe est perpendiculaire au plan des pôles statoriques 2, cette bobine entourant un noyau 8 en matériau magnétique constituant l'induit. De chaque côté de la bobine 7, selon l'axe du tube statorique 1, sont disposés deux aimants permanents 9 et 10 aimantés en sens opposés parallèlement à l'axe de la bobine. Aux deux extrémités de la bobine 7, sont fixées deux flasques rectangulaires 11 et 12 en matériau amagnétique, de préférence en matière synthétique, coopérant à la fixation des aimants permanents 9 et 10. Le noyau 8 et les aimants permanents 9 et 10 présentent sensiblement la même section carrée vue selon l'axe du tube statorique 1 et ils sont alignés selon cet axe. Vu de côté, le noyau 8 et les aimants 9 et 10 présentent une section rectangulaire de largeur pouvant varier selon les exécutions. Un équipage mobile biphasé et constitué de deux phases telles que P1 juxtaposées et un équipage mobile triphasé et constitué de trois phases telles que P1 juxtaposées.

Comme ceci l'est visible à la figure 3, l'équipage mobile est guidé dans le tube 1 par ses deux flasques 11 et 12 glissant dans les rainures 5 et 6. La distance entre les aimants permanents 9 et 10 ou le noyau 8 et

les pôles statoriques 2, définit deux entrefers e1 et e2.

Les figures 4A à 4D illustrent le principe du moteur selon l'invention, dans sa variante 1.

Dans la position représentée à la figure 4A, le noyau 8 est situé entre une paire de pôles statoriques 2, les paires voisines étant situées à des distances telles que les aimants permanents 9 et 10 ne sont pas engagés entre ces paires voisines. Les champs magnétiques des deux aimants permanents 9 et 10 ont tendance à se refermer à travers les pôles statoriques 2 voisins du noyau 8 et à travers ce noyau 8. Ces deux champs étant égaux et opposés, le flux magnétique dans le noyau 8 est nul.

Si l'on déplace l'équipage mobile vers la droite pour se trouver dans la position représentée à la figure 4B, on constate que dans cette position le flux principal dans le noyau 8 provient de l'aimant permanent 10 proche des pôles statoriques 2. Ce flux traverse la bobine 7 dans un premier sens indiqué par les petites flèches recourbées.

En continuant de déplacer l'équipage mobile vers la droite, on parvient à la position représentée à la figure 4C, dans laquelle la bobine 7 est située exactement à mi-distance entre deux paires de pôles statoriques 2, l'aimant permanent 9 se trouvant entre les deux pôles statoriques d'une paire et l'aimant 10 entre les pôles statoriques de la paire voisine. Dans

11

cette position, le flux résultant dans la bobine est de nouveau nul.

En continuant de déplacer l'équipage mobile vers la droite on arrive dans une position représentée à la figure 4D, qui est la position symétrique de la position représentée à la figure 4B. Dans cette position le flux principal provient cette fois-ci de l'aimant 9 qui circule selon la direction indiquée par les petites flèches courbes. Ce flux traverse la bobine 7 par le noyau 8 dans un deuxième sens opposé à celui de la position représentée à la figure 4B.

Le déplacement de la bobine entre les pièces magnétiques 2 permet donc d'obtenir une force électromotrice alternative.

Le champ de l'aimant 9 à la figure 4B et celui de l'aimant 10 à la figure 4D produit un flux indésirable dans le noyau 8 qui constitue une perte magnétique. La distance entre les pôles de l'aimant 9 à la figure 4B et les extrémités du noyau 8 d'une part et les pièces polaires statoriques 2 par lesquelles passe le flux principal est toutefois relativement grande, de telle sorte que la perte est très faible, contrairement à ce qui se passe dans la structure selon le brevet EP 0 667 991. Le fait d'utiliser des plots biseautés sur les arêtes en vis-à-vis permet de limiter encore les pertes magnétiques.

La juxtaposition de deux ou trois équipages mobiles telle que représentée aux figures 1 à 3, et

schématiquement, aux figures 4A à 4D, permet de réaliser un moteur biphasé, respectivement triphasé.

Un moteur triphasé est représenté schématiquement à la figure 5. Il est constitué de trois phases P1, P2 et P3 dont les axes des bobines sont respectivement décalés de  $1/3$  de pas et  $2/3$  de pas relativement au pas statorique défini par la distance entre deux paires de pôles statoriques successives. La distance entre les axes de deux bobines voisines est donc égale à  $4/3$  de pas. Dans le cas d'un moteur biphasé les axes de bobines seraient décalés respectivement de  $1/4$  pas relativement au pas statorique. Il est bien entendu que ces décalages sont donnés à un nombre entier de pas près, et qu'il est possible d'y ajouter ou soustraire un demi-pas, par simple inversion du courant dans la bobine concernée.

La figure 5 représente une séquence dynamique des six positions décalées de  $1/6$  de pas et la répartition correspondante du flux dans les trois phases. Les signes +, -, o figurant à droite de chaque séquence indiquent la présence d'un flux dans le noyau de chaque phase et son sens, en absence de courant. Ainsi, par exemple, -/+o signifie que dans la phase P1 il y a un flux "négatif" dirigé vers le bas, pour P2 un flux "positif" dirigé vers le haut et pour P3 un flux nul, et ainsi de suite.

Comme on le pratique dans toute machine à courant continu, on procède à l'inversion du courant dans une bobine au moment où la force électromotrice induite

s'annule et change de sens, c'est à dire au moment où le flux dans cette bobine est maximum, dans l'un ou l'autre sens. Comme dans le brevet EP 0 667 991 chaque phase peut être équipée d'une paire de contacts frotteurs se déplaçant sur des pistes d'alimentation imprimées en cuivre sur un support isolant monté dans le fond du tube statorique 1, c'est-à-dire entre les rainures 5 et 6. Ces pistes sont alimentées en courant continu et la commutation peut être assurée par la forme en créneaux imbriqués des deux pistes, comme représenté et décrit dans le brevet EP 0 161 677. Il est également possible d'alimenter les bobines par deux rails conducteurs rectilignes continus et d'assurer la commutation au moyen d'un dispositif de commutation monté dans chacune des phases de l'équipage mobile, comme décrit dans le brevet EP 0 667 991 et comme ceci est connu de l'état de l'art. Des circuits électroniques spécialisés permettent aisément une telle commande, à partir de l'état de capteurs à effet Hall directement montées sur l'équipage mobile, par exemple le circuit intégré MC33033 de Motorola.

La structure du tube statorique permet sans autre d'effectuer des courbes par cintrage du tube 1. Dans l'équipage mobile, les trois phases du moteur représenté à la figure 5 peuvent être articulées entre elles de manière à faciliter la prise de courbe. Cette articulation 14 peut se faire par une rotule ou tout simplement en exploitant la liaison magnétique entre les paires d'aimants alternées en contact direct, en laissant un léger entrefer entre deux phases voisines,

entrefer provoqué par un pion central permettant une rotation d'une phase par rapport à l'autre.

Si l'équipage mobile n'a pas besoin d'être articulé, il peut être simplifié comme représenté à la figure 6 qui représente une séquence de manière analogue à la figure 5. Dans ce mode d'exécution les aimants 9 et 10 reliant deux phases entre elles sont remplacés par un aimant commun 13 dont le sens d'aimantation est respectivement opposé au sens d'aimantation de l'aimant extérieur le plus proche, les polarités des aimants 13 étant par conséquent opposées entre elles, comme ceci apparaît à la figure 6. Pour retrouver un fonctionnement proche de celui du mode d'exécution représenté à la figure 5, il convient d'inverser les connexions de la bobine de la phase P2, comme ceci ressort de la répartition des flux indiquée pour chacune des positions de la séquence. Il est clair que cette disposition avec aimant commun évite un flux de fuite important entre aimants directement voisins polarisés en sens inverse.

Dans le mode d'exécution représenté aux figures 1 à 3 l'équipage mobile pourrait bien entendu être muni de galets roulant dans les rainures 5 et 6.

La réalisation pratique d'un moteur linéaire selon l'invention s'accompagne d'aménagements propres à en optimiser les performances. La figure 7 et les figures 8a à 8e montrent un dispositif avec équipage mobile diphasé, vu cette fois de face, dans un plan parallèle à celui des plots.



Pour des raisons de commodité, et d'utilisation de composants standards, les aimants 9' sont ici cylindriques, chacun des aimants rectangulaires précédents étant remplacé par une paire d'aimants, sertis dans un carter 15. Par convention, on dira qu'une face sombre correspond à un pôle Nord.

Les bobinages 7' sont également cylindriques, de même que leur noyaux 8', mais on dispose avantageusement de part et d'autre de chaque ensemble bobine-noyau un épanouissement polaire 16, allongé dans une direction perpendiculaire au mouvement. Celui-ci assure la double fonction de collecte du flux transmis par les plots 2, et de maintien mécanique de la bobine dans le carter 15.

Enfin, il est très avantageux de disposer, parallèlement à l'axe des aimants et des noyaux et avec la même longueur, des plaquettes magnétiques en acier doux 17, destinées à assurer la bonne circulation du flux des aimants qui ne sont pas dans une position de liaison avec un noyau de bobine à un instant donné. Comme aimants et bobines, ces plaquettes 17 traversent le carter 15 de part en part.

La figure 8a représente l'équipage mobile face à une rangée de plots statoriques 2, dans une position initiale. Pour être mieux vus, les plots 2 ont ici une hauteur exagérée : il suffit amplement qu'ils recouvrent les aimants, et toute hauteur superflue se traduit par une augmentation des fuites magnétiques de plot à plot.

Du fait des positions respectives de l'équipage mobile et des plots, on constate que la bobine de la phase P1 est, idéalement, complètement traversée par le flux des aimants Sud situés à sa droite, tandis que les aimants Nord situés à sa gauche voient leur flux se refermer par la plaquette 17 d'extrémité gauche. Au même instant, le flux dans la phase P2 est nul.

Un instant plus tard, en figure 8b, le flux dans P1 a diminué, tandis que le flux dans P2 augmente, issu des aimants Nord situés à sa droite.

A l'instant de la figure 8c, on est décalé magnétiquement d'un quart de pas par rapport à 8a : le flux est maintenant nul dans P1, alors qu'il est maximum dans P2. Et ainsi de suite : aussitôt après, le flux dans P1 provient majoritairement des aimants Nord situés à sa gauche.

On constate que cette disposition des éléments permet à la fois de recouvrir aimants et noyaux lors d'une conjonction, et d'éviter qu'une situation de flux quasi-nul ne dure trop longtemps.

Enfin, toutes les formes de réalisation décrites dans le brevet s'accommodent d'une version simplifiée, représentée en figure 9a, à une seule rangée de plots statoriques 2, et une plaque 18 de fermeture du flux ou de court-circuit magnétique, solidaire de l'équipage mobile, du côté où les plots statoriques sont supprimés. Cette disposition présente l'avantage d'une

plus grande simplicité de réalisation, notamment lors d'un cintrage. En contrepartie, il n'y a plus comme précédemment équilibrage des efforts, d'où besoin d'un guidage plus soigné, notamment à l'aide de roulettes. Au plan magnétique, un tel court-circuit magnétique 18 est connu pour jouer le rôle de miroir. Tout se passe comme s'il y avait toujours une double rangée de plots statoriques 2, mais avec une distance au moins double de la largeur de l'équipage mobile comme ceci est illustré à la figure 9b, où les plots images 2' sont représentés en trait discontinu.

La figure 10 représente maintenant un équipage mobile selon la deuxième variante de l'invention. Les aimants de même polarité sont disposés cette fois d'un même côté du plan défini par l'axe des bobines et l'axe du tube statorique. Si on prend pour orientations celles définies par la feuille, on dira que le flux magnétique qui en moyenne circulait précédemment horizontalement, provenant des aimants situés soit à gauche soit à droite de la bobine, circule maintenant en moyenne verticalement, provenant des aimants situés soit au dessus soit au dessous de la bobine. Comme précédemment, c'est la disposition des plots statoriques qui privilégie l'un ou l'autre sens de circulation du flux résultant dans le noyau.

Le principe de la variante 2 est suffisamment proche de celui de la variante 1 pour pouvoir être directement illustré sur une forme de réalisation biphasée, ici particulièrement compacte dans la direction du

mouvement. Sur la figure 10, les deux bobines 9" sont séparées par trois quarts de pas statorique. On n'utilise pas d'épanouissement polaire sur les noyaux 8 des bobines. Deux éléments latéraux de fermeture de flux 17 sont utilisés, ici sous forme cylindrique.

Les figures 11a à 11c illustrent le fonctionnement de cette variante 2 en présence de plots statoriques 2". Ceux-ci ont une forme en T qui minimise les fuites de plot à plot, comme le ferait également une forme triangulaire, et sont de nouveau disposés par paire, symétriques de part et d'autre du plan parallèle aux plots et contenant l'axe du tube statorique. Il y a maintenant deux paires de plots statoriques 2" par pas : les plots sont orientés alternativement vers le haut et vers le bas tous les demi-pas.

Du fait des positions respectives de l'équipage mobile 15 et des plots statoriques 2", on constate sur la figure 11a que la bobine de la phase P1 est, idéalement, complètement traversée par le flux des aimants Sud situés au dessous, tandis que l'aimant Nord situé au dessus à gauche voit son flux se refermer partiellement par le cylindre auxiliaire 17 d'extrémité gauche. Au même instant, le flux dans la phase P2 est nul, à la fois par raison de symétrie et parce que le noyau de la bobine de P2 tend à devenir court circuit par les aimants qui se trouvent en haut à gauche et en bas à droite de P2.

Un quart de pas plus tard, en figure 11b, le flux dans P1 est devenu nul, tandis que le flux dans P2 est maximum, issu des aimants Sud situés au dessous.

A l'instant de la figure 11c, on est décalé d'un demi-pas par rapport à 11a : le flux est maintenant nul dans P2, alors qu'il est maximum dans P1, en provenant cette fois des aimants Nord situés au dessus. Et ainsi de suite.

On remarquera que la variante 2 permet le partage d'aimants communs entre phases consécutives. A la limite, les aimants haut et bas pourraient être deux aimants rectangulaires uniques placés au dessus et au dessous (dans le dessin) des bobines, c'est-à-dire de chaque côté des bobines si l'on se réfère à la direction de déplacement de l'équipage mobile.

De même, cette variante autorise en principe un raccordement de tous les plots statoriques supérieurs et de tous les plots statoriques inférieurs (dans le dessin) : on aurait alors, sur chacune des faces statoriques utilisées, deux pièces en forme de peignes imbriqués. Cette liaison des plots ne sera toutefois pas utilisée, du fait de l'accroissement considérable des fuites magnétiques qu'elle engendre.

Enfin, il est possible d'appliquer à la variante 2 les aménagements relatifs à la variante 1, et notamment l'usage d'un court-circuit magnétique sur une face de l'équipage mobile pour n'utiliser qu'une seule face du profilé statorique.

La figure 12 illustre enfin une des innombrables formes de réalisation inspirées de l'invention. Il s'agit d'une variante du cas précédent, mais cette fois les plots statoriques 2" et 2''' d'une même paire sont symétriques par rapport à l'axe du tube statorique. On a représenté en trait gras les plots 2" appartenant à la même face du tube statorique, et en trait fin les plots 2''' appartenant à la face opposée. Pour faciliter la vue, les bobines ne sont représentées que par leur noyau 8. La phase P1 est dans une position de flux maximum. On remarque que le flux d'une paire d'aimants traverse le noyau puis la paire d'aimants de polarité opposée, cette fois en série avec la précédente, avant de se refermer ici dans l'air, ce qui lui donnera une faible valeur. Un mode de réalisation triphasée permet au flux de se refermer à travers le noyau des deux autres bobines. Mais l'allongement des lignes de flux selon un tel circuit magnétique nuit à la valeur de flux obtenue.

La variante 1 permet aussi une mise en série des aimants de polarité alternée, en utilisant par exemple des plots en diagonale, de direction opposée sur les deux faces du tube statorique. Mais là encore, les flux obtenus sont trop faibles pour justifier l'usage de cette disposition.

Il est clair que toute version dégradée des formes de réalisation présentées ici est couverte par l'invention, comme par exemple l'utilisation d'une seule face statorique sans qu'il y ait court-circuit

magnétique sur l'équipage mobile, ou encore l'utilisation d'éléments en acier doux en substitution partielle des aimants, ou encore la réalisation d'un équivalent des deux aimants haut et bas de la variante 2 par un seul aimant, perpendiculaire à l'axe des bobines et à l'axe du tube statorique, associé à des pièces polaires, ou une géométrie et disposition des plots entraînant la mise en série des aimants de polarité alternée et donc un allongement des parcours des flux.

Revendications

1. Moteur linéaire à au moins deux phases (P1, P2, P3) à commutation de flux constitué d'un équipement mobile comprenant au moins deux bobines d'induction (7) entourant chacune un induit magnétique (8) définissant des pôles magnétiques mobiles et deux aimants permanents (9, 10) aimantés en sens opposé, d'un tube statorique de guidage (1) présentant des pôles magnétiques (2) disposés le long du tube statorique, sur au moins une paroi du tube statorique de manière à venir successivement en face des pôles magnétiques mobiles lors du déplacement de l'équipage mobile, et de moyens de commutation du sens du courant dans les bobines, caractérisé en ce que les aimants permanents (9, 10) sont disposés à l'extérieur des bobines, et qu'ils sont aimantés selon un axe parallèle à l'axe de la bobine, et en ce que les pôles magnétiques statoriques (2) sont constitués de pièces en matériau magnétique fixées dans un tube de guidage en matériau amagnétique, la dimension des aimants mesurée selon leur axe magnétique étant choisie de manière à créer des entrefers étroits au passage des aimants devant les pôles statoriques.

2. Moteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les pièces polaires (2) constituant les pôles statoriques sont fixées par paire, de part et d'autre de l'axe du tube de guidage (1), sur deux parois opposées du tube statorique et que la dimension des aimants (9, 10) correspond à la distance séparant deux pièces polaires statoriques opposées.



3. Moteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que les aimants de polarité opposée relatifs à une phase sont disposés symétriquement par rapport au plan contenant l'axe de la bobine et une perpendiculaire à l'axe du tube statorique, c'est à dire disposés en avant et en arrière de la bobine dans la direction du mouvement.

4. Moteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que les aimants de polarité opposée relatifs à une phase sont disposés symétriquement par rapport au plan contenant l'axe de la bobine et l'axe du tube statorique.

5. Moteur selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que le tube de guidage (1) est constitué d'un profilé en U rectangulaire sur deux parois internes opposées duquel sont fixés des plots ou plaquettes (2) en matériau magnétique constituant les pôles statoriques.

6. Moteur biphasé à deux bobines selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les axes des bobines sont décalés de un quart ou trois quarts de pas relativement au pas statorique défini par la distance entre les positions de deux pièces polaires statoriques consécutives.

7. Moteur triphasé à trois bobines selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les axes des bobines sont décalés de un tiers ou deux tiers de

pas relativement au pas statorique défini par la distance entre les positions de deux pièces polaires statoriques consécutives.

8. Moteur selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que les sous-ensembles constituant chacune des phases sont articulés (14) entre eux.

9. Moteur selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que deux phases consécutives partagent un aimant commun.

✓ 10. Moteur selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'équipage mobile est alimenté en courant continu et que les moyens de commutation du courant sont montés sur l'équipage mobile.

11. Moteur selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'équipage mobile contient, parallèlement à l'axe des bobines, des traversées (17) en matériau ferromagnétique doux.

12. Moteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'équipage mobile comprend une plaque de court-circuit magnétique en matériau ferromagnétique doux (18) disposée sur la face de l'équipage mobile parallèle et opposée aux pôles statoriques (2) de manière à créer une image (2') des pôles statoriques



Fig.2

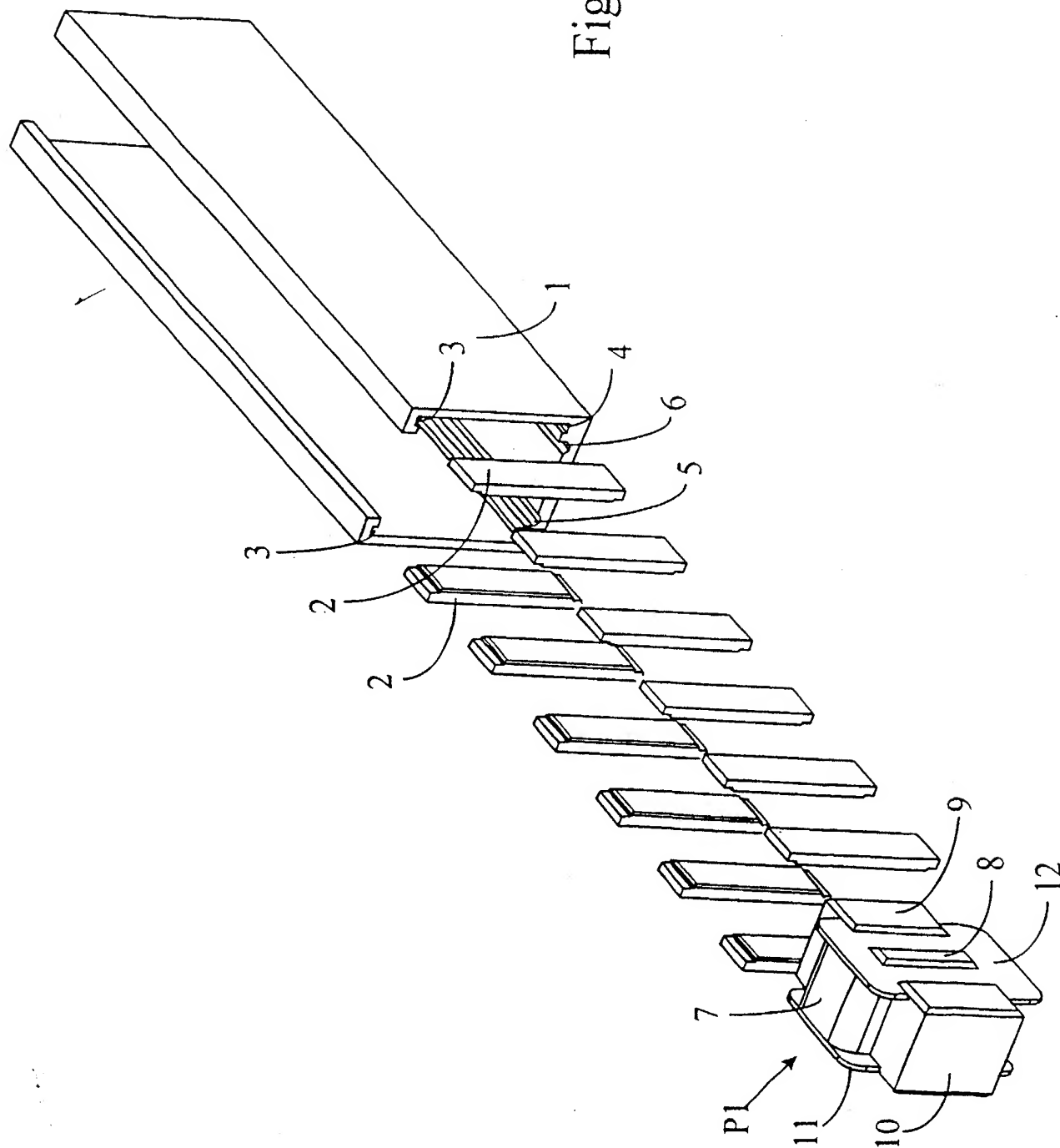


Fig.3

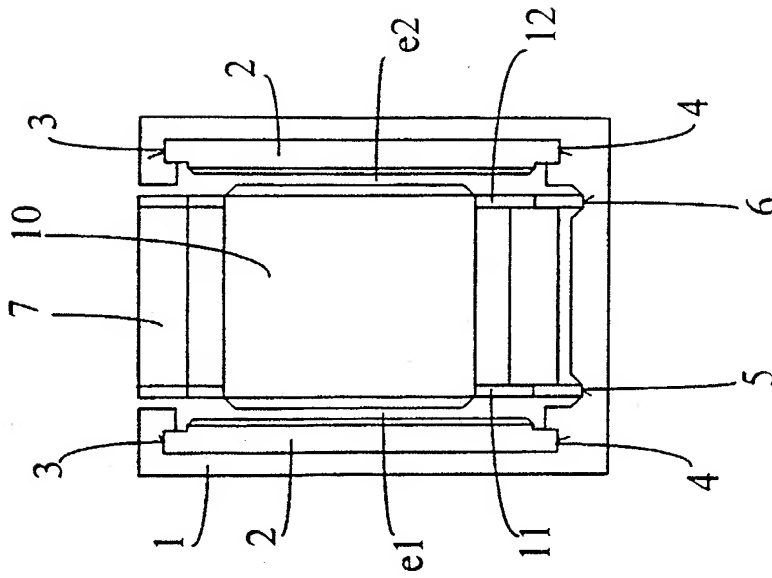


Fig.4A

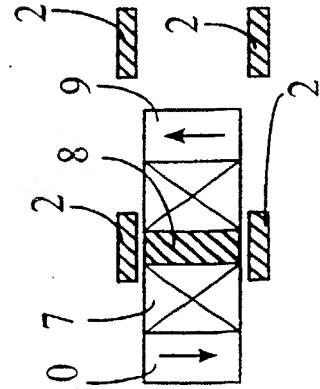


Fig.4B

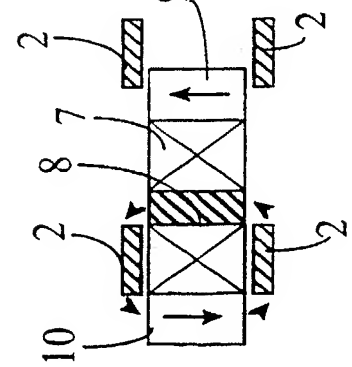


Fig.4C

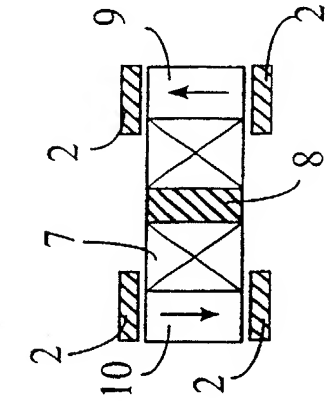


Fig.4D

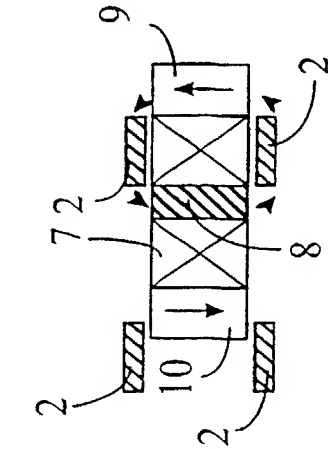
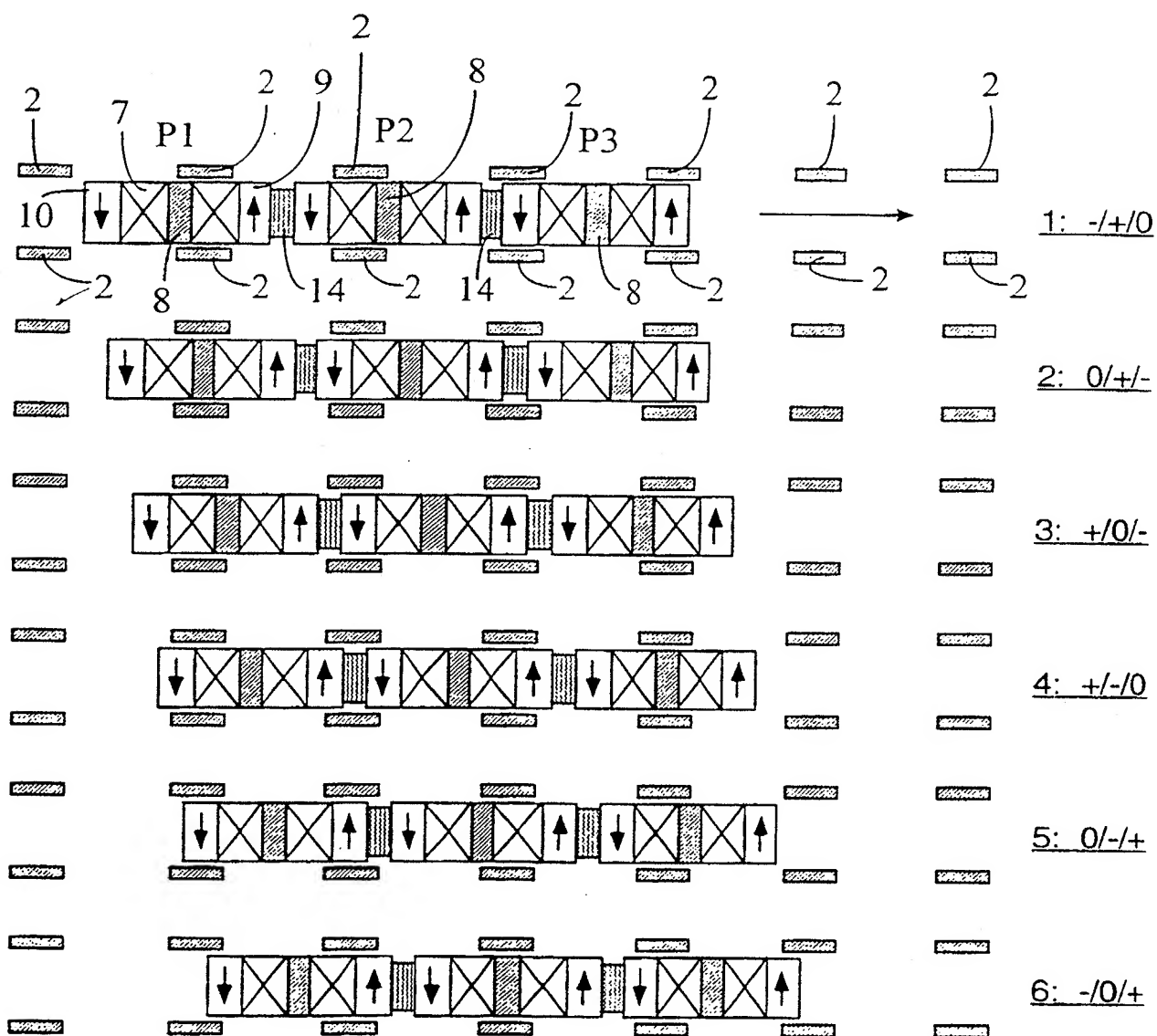
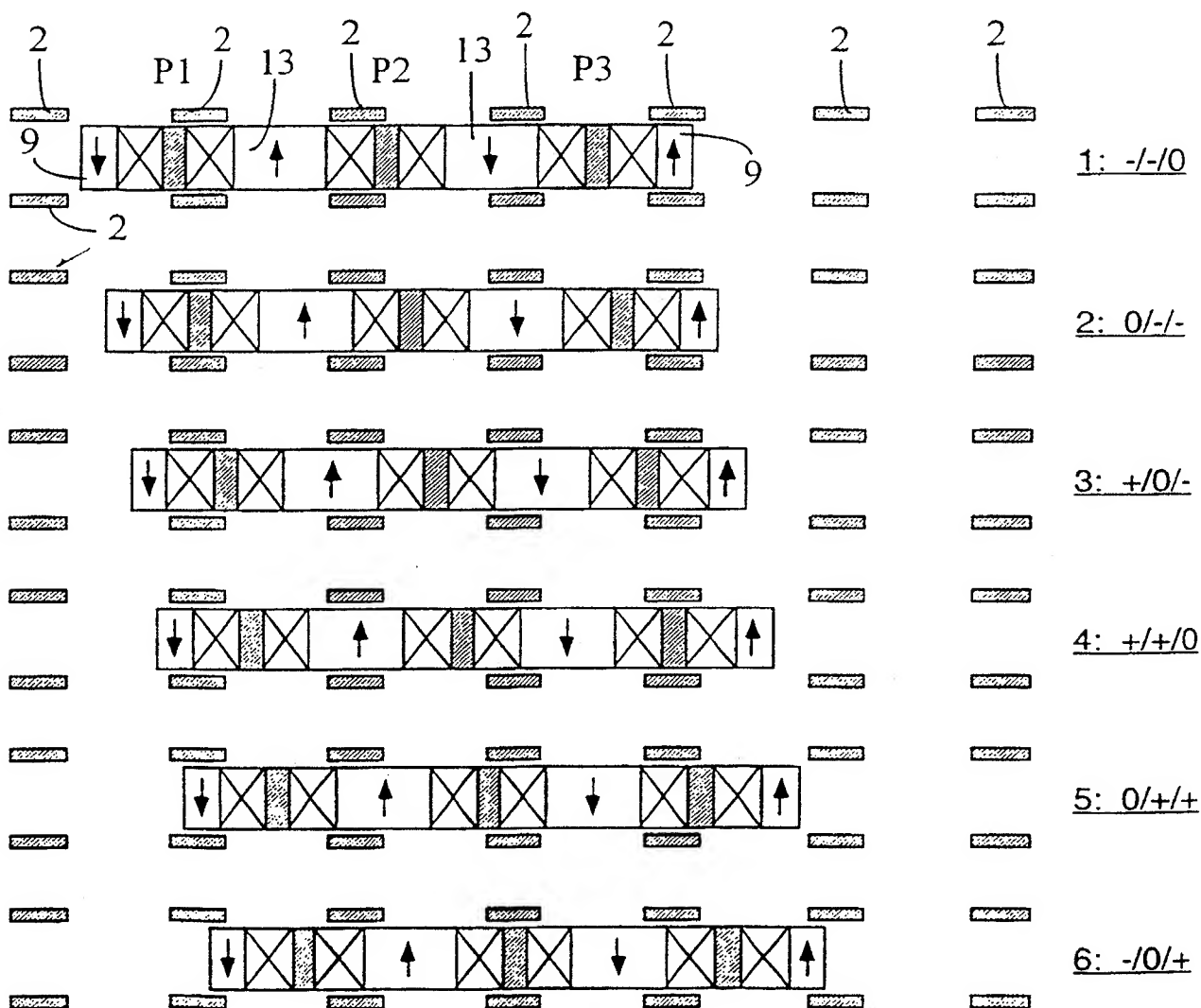


Fig.5



- 5/7 -

Fig.6



- 6/7 -

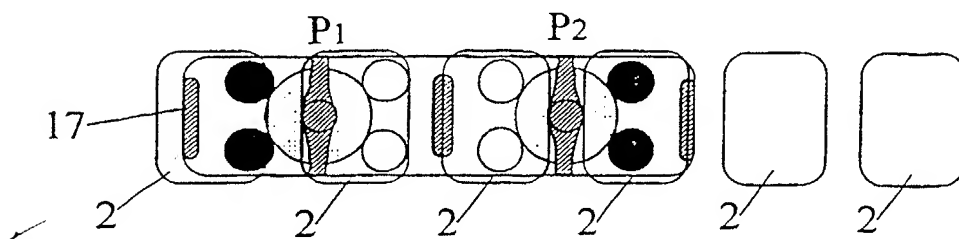
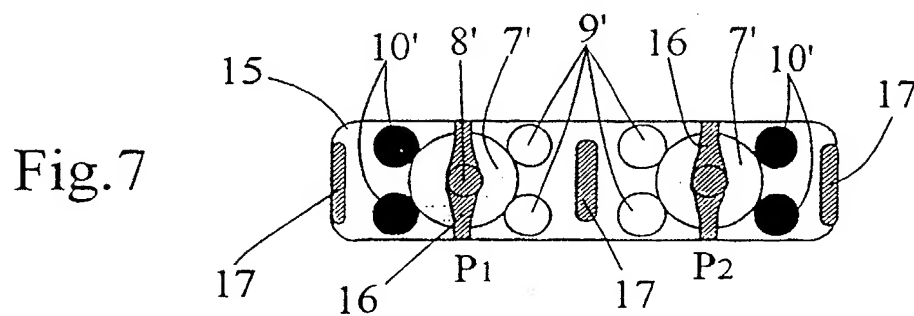


Fig.8a

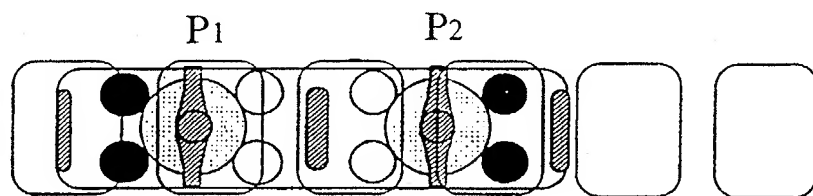


Fig.8b

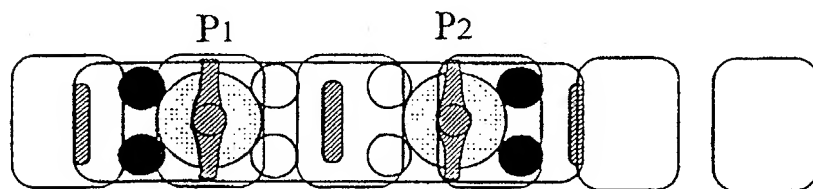


Fig.8c

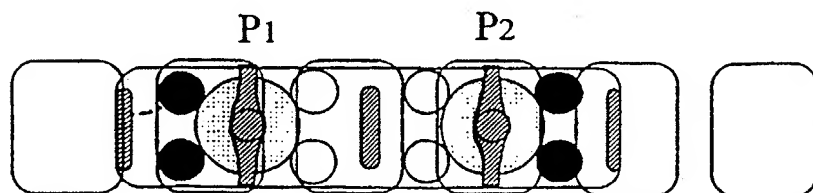


Fig.8d

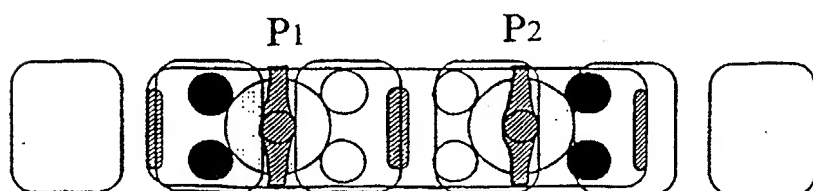


Fig.8e



Fig.9a

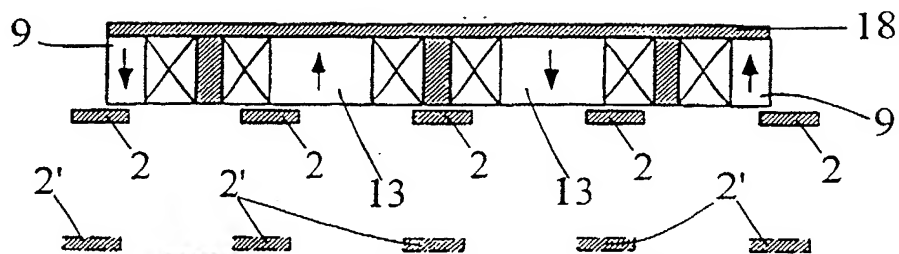


Fig.9b

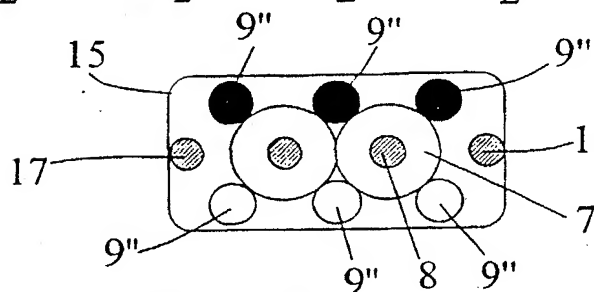
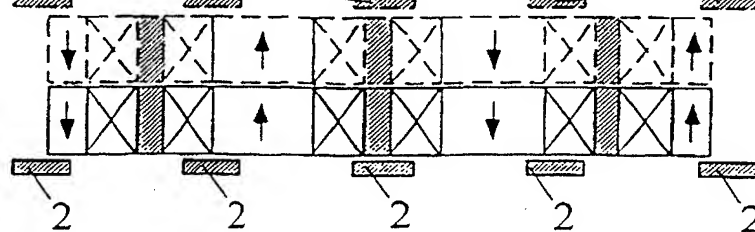


Fig.10

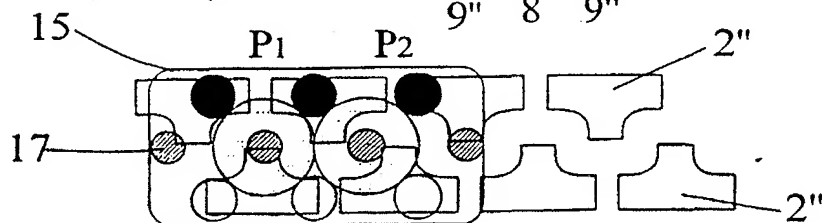


Fig.11a

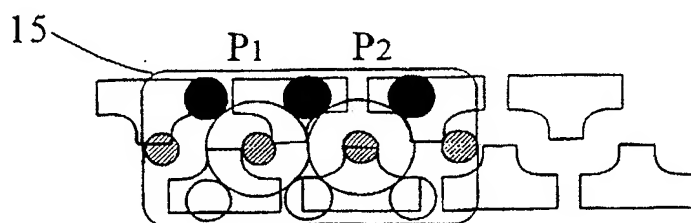


Fig.11b

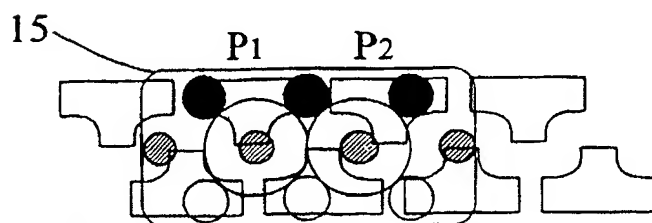


Fig.11c

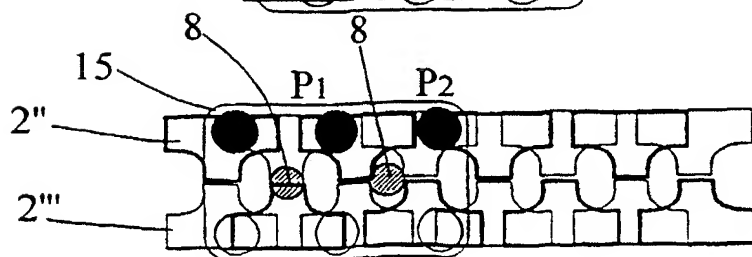


Fig.12

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

 Demr internationale No  
 PCT/IB 00/00546

 A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
 CIB 7 H02K41/03 E05F15/18

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

 Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
 CIB 7 H02K E05F A47H

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

 Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)  
 EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 661 350 A (LUCIDARME ET AL.) 26 août 1997 (1997-08-26) abrégé colonne 2, ligne 57 -colonne 3, ligne 63; figures 1-3	1
A	& EP 0 667 991 A (ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN) 23 août 1995 (1995-08-23) cité dans la demande	1
A	US 4 581 553 A (MOCZALA) 8 avril 1986 (1986-04-08) abrégé colonne 3, ligne 10 -colonne 7, ligne 14; figures 1-4	1
	-/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

## \* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent  
 "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date  
 "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déliminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)  
 "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens  
 "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention  
 "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément  
 "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier  
 "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

1 août 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

07/08/2000

 Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
 Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Beitner, M

Formulaire PCT/ISA210 (deuxième feuille) (juillet 1992)

# RAPPORT DE RECLERCHE INTERNATIONALE

Dem. Internationale No

PCT/IB 00/00546

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 332 (E-453), 12 novembre 1986 (1986-11-12) & JP 61 139262 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD), 26 juin 1986 (1986-06-26) abrégé	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 12, no. 393 (E-670), 19 octobre 1988 (1988-10-19) & JP 63 133862 A (YASKAWA ELECTRIC MFG CO LTD) abrégé	1

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Démr internationale No

PCT/IB 00/00546

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5661350 A	26-08-1997	FR 2697695 A AT 148598 T DE 69307920 D DE 69307920 T EP 0667991 A ES 2098797 T WO 9410742 A JP 8502880 T	06-05-1994 15-02-1997 13-03-1997 10-07-1997 23-08-1995 01-05-1997 11-05-1994 26-03-1996
US 4581553 A	08-04-1986	AUCUN	
JP 61139262 A	26-06-1986	AUCUN	
JP 63133862 A	06-06-1988	JP 2531408 B	04-09-1996

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/IB 00/00546

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H02K41/03 E05F15/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02K E05F A47H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 661 350 A (LUCIDARME ET AL.) 26 August 1997 (1997-08-26) abstract column 2, line 57 -column 3, line 63; figures 1-3	1
A	& EP 0 667 991 A (ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN) 23 August 1995 (1995-08-23) cited in the application	1
A	US 4 581 553 A (MOCZALA) 8 April 1986 (1986-04-08) abstract column 3, line 10 -column 7, line 14; figures 1-4	1
	— —/— —	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 August 2000

Date of mailing of the international search report

07/08/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,

Authorized officer

Daitoon M

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/IB 00/00546

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 332 (E-453), 12 November 1986 (1986-11-12) & JP 61 139262 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD), 26 June 1986 (1986-06-26) abstract	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 12, no. 393 (E-670), 19 October 1988 (1988-10-19) & JP 63 133862 A (YASKAWA ELECTRIC MFG CO LTD) abstract	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/IB 00/00546

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5661350	A	26-08-1997	FR 2697695 A	06-05-1994
			AT 148598 T	15-02-1997
			DE 69307920 D	13-03-1997
			DE 69307920 T	10-07-1997
			EP 0667991 A	23-08-1995
			ES 2098797 T	01-05-1997
			WO 9410742 A	11-05-1994
			JP 8502880 T	26-03-1996
US 4581553	A	08-04-1986	NONE	
JP 61139262	A	26-06-1986	NONE	
JP 63133862	A	06-06-1988	JP 2531408 B	04-09-1996